

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-226699

(43)Date of publication of application : 24.08.1999

(51)Int.Cl.

B22D 11/00

B21C 37/00

B22D 11/06

B22D 11/06

B23K 20/04

(21)Application number : 10-028208

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 10.02.1998

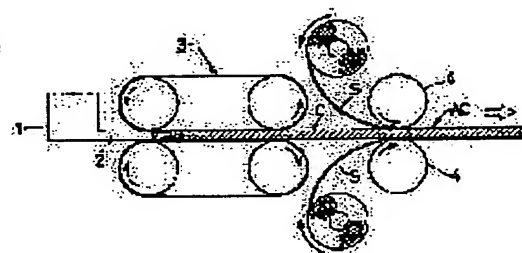
(72)Inventor : MATSUZAKI HITOSHI
SAKAGUCHI KIYONOBU

(54) MANUFACTURE OF ALUMINUM-BASED CLAD MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method of an aluminum-based clad material which is capable of surely pressing a core against a skin without any defective pressing by a press roll, and excellent in productivity.

SOLUTION: A slab C forming a core of 15-50 mm in thickness consisting of aluminum or an aluminum alloy is manufactured by a thin slab continuous casting machine 3. An aluminum-based clad material AC is manufactured by pressing thin plates S, S forming the skin consisting of aluminum or an aluminum ally against the slab C to be fed from the thin slab continuous casting machine 3 by press rolls 4, 4 arranged in the vicinity of an outlet of the thin slab continuous casting machine 3.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application converted
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-226699

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月24日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	F I	
B 2 2 D 11/00		B 2 2 D 11/00	N
			E
B 2 1 C 37/00		B 2 1 C 37/00	B
B 2 2 D 11/06	3 4 0	B 2 2 D 11/06	3 4 0 A
	3 5 0		3 5 0
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-28208

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月10日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 松崎 均

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72) 発明者 坂口 清信

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

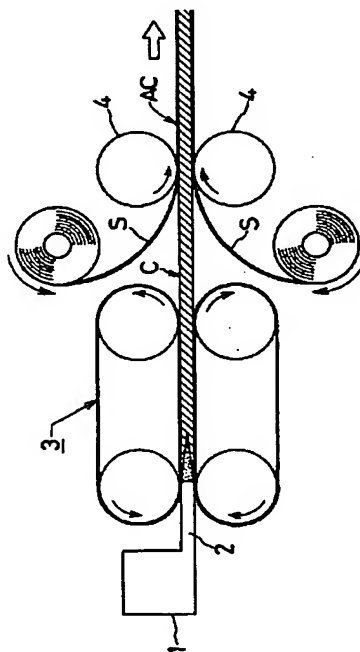
(74) 代理人 弁理士 明田 莞

(54) 【発明の名称】 アルミニウム基クラッド材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 圧着ロールによって圧着不良なく確実に心材と皮材とを圧着することができ、かつ、生産性が高い、アルミニウム基クラッド材の製造方法を実現すること。

【解決手段】 薄スラブ連続铸造機3により、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる厚み15～50mmの心材となる铸片Cを製造し、薄スラブ連続铸造機3の出口近傍位置に配設された圧着ロール4、4により、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる皮材となる薄板S、Sと薄スラブ連続铸造機3から送り出されてくる铸片Cとを圧着し、アルミニウム基クラッド材ACを製造する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 薄スラブ連続铸造機により、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる厚み15～50mmの心材となる鑄片を製造し、前記薄スラブ連続铸造機の出口近傍位置に配設された圧着ロールにより、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる皮材となる薄板と前記薄スラブ連続铸造機から送り出されてくる前記鑄片とを圧着し、アルミニウム基クラッド材を製造することを特徴とするアルミニウム基クラッド材の製造方法。

【請求項2】 薄スラブ連続铸造機により、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる厚み15～50mmの心材となる鑄片を製造し、前記薄スラブ連続铸造機の出口近傍位置に配設された圧着ロールにより、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる皮材となる薄板と前記薄スラブ連続铸造機から送り出されてくる前記鑄片とを圧着して厚肉クラッド材を得、次いで、前記薄スラブ連続铸造機及び前記圧着ロールに連動する圧延機により前記厚肉クラッド材を熱間圧延し、アルミニウム基クラッド材のストリップをコイルとして巻き取ることを特徴とするアルミニウム基クラッド材の製造方法。

【請求項3】 前記薄スラブ連続铸造機の出口における鑄片表面温度が450～580℃の範囲であることを特徴とする請求項1又は2に記載のアルミニウム基クラッド材の製造方法。

【請求項4】 前記薄スラブ連続铸造機が双ベルト式連続铸造機であることを特徴とする請求項1、2又は3に記載のアルミニウム基クラッド材の製造方法。

【請求項5】 前記薄スラブ連続铸造機がブロック式連続铸造機であることを特徴とする請求項1、2又は3に記載のアルミニウム基クラッド材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、アルミニウム基クラッド材（アルミニウム合せ材）の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 アルミニウム基クラッド材（以下、アルミ基クラッド材という）は、アルミニウム合せ材、あるいはアルミニウム-アルミニウムクラッド材とも呼ばれ、例えば熱交換器用部材であるブレージング用板として用いられている。従来、アルミ基クラッド材の製造方法として、圧延機によるクラッドを行う製造方法と、圧着ロールによるクラッドを行う製造方法とが知られている。

【0003】 圧延機によるクラッドを行うアルミ基クラッド材の製造方法は、（イ）DC casting（Direct Chill Casting）によって心材用の鑄塊を製造し、該鑄塊のトップ部及びボトム部の切り捨て、面削を行う工程、（ロ）DC castingで皮材用の鑄塊を製造し、該鑄塊のトップ部及びボトム部を切り捨て、面削を行い、しかる後、このも

のを目標とするクラッド率に合わせて所要板厚の板材となるように熱間圧延を行う工程、（ハ）前記得られた心材となる鑄塊、皮材となる板材とともに洗浄を行い、これらを重ね合わせて溶接で仮付けしたクラッドスラブを熱間圧延することで心材に皮材をクラッドする工程、を含む方法である。

【0004】 また、圧着ロールによるクラッドを行う製造方法は、2つのロールを上下一対に配置して水平方向に連続铸造を行う双ロール連続铸造機により心材となる所定厚さの鑄片を製造し、皮材となる薄板と前記双ロール連続铸造機から送り出されてくる高温状態の鑄片とを、この双ロール連続铸造機の出口近傍位置に配設された圧着ロールによって圧着することによりアルミニウム基クラッド材を製造する方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、前述した前者のアルミ基クラッド材の製造方法では、厚み0.1～10mm程度の範囲の厚板からストリップまでのアルミ基クラッド材が製造できるものの、現状のDC castingでは厚み50～100mm程度の薄鑄塊を製造できないので、DC castingによる鑄塊を減厚するために該鑄塊を圧延して皮材となる板材を準備しておく必要があり、また圧延に先立ち、心材となる鑄塊と皮材となる板材とを重ね合わせてクラッドスラブをつくる必要があり、このように製造工程が煩雑で、時間や手間がかかるという欠点があった。

【0006】 一方、前述した後者のアルミ基クラッド材の製造方法では、前記前者の製造方法に比べて製造工程が簡単ではあるものの、薄板連続铸造機である双ロール連続铸造機で得られる心材となる鑄片の厚みが3～6mmと相当に薄いため、該铸造機から圧着ロールまでの間での鑄片温度の低下が大きく、圧着ロールでの鑄片（心材）と薄板（皮材）との圧着不良が発生し易いという欠点があった。なお、圧着ロール位置での鑄片温度を高めるために双ロール連続铸造機出口における鑄片温度を高くすると、該铸造機からの鑄片の分断が多発するという不具合がある。また、双ロール連続铸造機による鑄片の厚みが前述のように3～6mmと薄肉にもかかわらず、铸造速度は1～2m/min程度が限界であり、生産性が低いという欠点があった。

【0007】 そこで本発明の目的は、圧着ロールによって圧着不良なく確実に心材と皮材とを圧着することができ、かつ、生産性が高い、アルミニウム基クラッド材の製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 前記の目的を達成するために、請求項1の発明（第1発明）は、薄スラブ連続铸造機により、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる厚み15～50mmの心材となる鑄片を製造し、前記薄スラブ連続铸造機の出口近傍位置に配設された圧着ロー

ルにより、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる皮材となる薄板と前記薄スラブ連続铸造機から送り出されてくる前記鑄片とを圧着し、アルミニウム基クラッド材を製造することを特徴とするアルミニウム基クラッド材の製造方法である。

【0009】請求項2の発明(第2発明)は、薄スラブ連続铸造機により、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる厚み15～50mmの心材となる鑄片を製造し、前記薄スラブ連続铸造機の出口近傍位置に配設された圧着ロールにより、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる皮材となる薄板と前記薄スラブ連続铸造機から送り出されてくる前記鑄片とを圧着して厚肉クラッド材を得、次いで、前記薄スラブ連続铸造機及び前記圧着ロールに連動する圧延機により前記厚肉クラッド材を熱間圧延し、アルミニウム基クラッド材のストリップをコイルとして巻き取ることを特徴とするアルミニウム基クラッド材の製造方法である。

【0010】請求項3の発明は、前記請求項1又は2に記載のアルミニウム基クラッド材の製造方法において、前記薄スラブ連続铸造機の出口における鑄片表面温度が450～580℃の範囲であることを特徴とするものである。請求項4の発明は、前記請求項1～3のいずれか1項に記載のアルミニウム基クラッド材の製造方法において、前記薄スラブ連続铸造機が双ベルト式連続铸造機であることを特徴とするものである。請求項5の発明は、前記請求項1～3のいずれか1項に記載のアルミニウム基クラッド材の製造方法において、前記薄スラブ連続铸造機がブロック式連続铸造機であることを特徴とするものである。

【0011】本願発明によるアルミ基クラッド材の製造方法では、圧着ロールによるクラッドを行う製造方法において、アルミニウム又はアルミニウム合金でなる心材として厚み3～6mmの鑄片を連続铸造する従来方法と違って、薄スラブ連続铸造機により心材として厚み15～50mmの鑄片をつくるようにしたものであるから、鑄片温度の低下に起因する圧着不良の発生をなくすることができるとともに、従来方法に比べて生産性を高めることができる。

【0012】心材となる鑄片の厚みの限定理由を説明すると、鑄片の厚みが15mmを下回ると、従来と同様に、薄スラブ連続铸造機から圧着ロールに達する間での鑄片温度の低下による圧着不良が発生し易く、また、鑄片厚さの減少に見合うだけ铸造速度が増加せず生産性も低下する。一方、50mmを上回ると、圧着のために鑄片表面温度を高くした場合、厚み方向中央部に未凝固層が残留し、圧着の際に、該鑄片(心材)が圧下される(減厚される)ようになることで皮材との圧着のための力が不足し、圧着不良が発生しやすい。また、未凝固部分の移動に伴い偏析欠陥が発生する可能性もあり、さらに、アルミ基クラッド材の厚み3～10mmのストリッ

プのコイルを製造する第2発明では、圧着後の熱延工程が長くなり生産コストの点から好ましくない。よって、薄スラブ連続铸造機による心材となる鑄片の厚みとしては、15～50mm、好ましくは20～40mmである。

【0013】本願発明による製造方法における薄スラブ連続铸造機としては、上下に1枚ずつ配された合計2枚のスチールベルトを可動鑄型とし、水平方向に铸造を行う双ベルト式連続铸造機、あるいは、多数の鑄鉄製ブロックが連結された無限軌道状の可動鑄型を上下に1つつ有し、水平方向に铸造を行うブロック式連続铸造機が好適である。

【0014】本願発明による製造方法においては、心材と皮材との圧着性を良くするためには、薄スラブ連続铸造機の出口における鑄片(心材)表面温度は、一般に高い方がよい。しかし、580℃を超えると圧着時に皮材が一部溶融してしまう可能性が高く、また心材の強度も低いので圧着ロールに達する前に変形してしまう可能性もある。一方、450℃を下回ると圧着性が悪くなる。よって、薄スラブ連続铸造機の出口における鑄片表面温度は、450～580℃の範囲がよい。なお当然ながら、溶融温度が580℃以下の皮材のときには、前記鑄片表面温度の上限値は該皮材の溶融温度となる。

【0015】また、このような薄スラブ連続铸造機出口における鑄片表面温度の調整は、铸造炉への注湯温度、铸造速度、鑄型材質及び鑄型コーティングのいずれか、あるいはこれらを組合せたものを制御することで行うが、铸造速度の制御が最も実用的である。すなわち、铸造速度を速くすると铸造機入口から出口までの通過時間、つまり冷却時間が短くなり、铸造機出口における鑄片表面温度が速度増加前より高くなる。そこで例えば、対象とする種類の心材について、予め、铸造速度と铸造機出口での鑄片表面温度との関係を示す検量線(特性グラフ)を実験から求めておき、この検量線を利用して設定温度となるように鑄片表面温度を調整するようにすればよい。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は第1発明によるアルミ基クラッド材の製造方法の実施に用いられる装置の構成を示す図である。同図に示すように、铸造炉1からノズル2を通過して薄スラブ連続铸造機3へ心材用の溶湯を導き、この薄スラブ連続铸造機3により心材となる鑄片Cを連続铸造し、この铸造機3の出口近傍位置に配設された圧着ロール4、4により、皮材となる薄板S、Sと薄スラブ連続铸造機3から送り出されてくる鑄片Cとを圧着し、アルミ基クラッド材ACを製造するように構成している。

【0017】図2は第2発明によるアルミ基クラッド材の製造方法の実施に用いられる装置の構成を示す図である。同図に示すように、薄スラブ連続铸造機3により心

材となる鋳片Cを製造し、圧着ロール4、4により皮材となる薄板S、Sと薄スラブ連続鋳造機3から送り出されてくる鋳片Cとを圧着して厚肉クラッド材PCを得る。引き続き、前記鋳造機3及び圧着ロール4、4に連動し、圧着ロール4、4の下流に配設されたこの例では2スタンドタンデム圧延機5により前記圧着ロール4、4からの厚肉クラッド材PCを熱間圧延し、アルミ基ク*

*ラッド材のストリップACSをコイルとして巻取機6で巻き取るように構成している。

【0018】

【実施例】表1に実施例1～3を示す。

【0019】

【表1】

実施例1	構造：心材の両面に皮材をクラッドした両面クラッド構造 心材：アルミ3003合金 厚み30mm×幅1000mm×長さ30m 皮材：アルミ4045合金 厚み3mm×幅1000mm×長さ30m 薄スラブ連続鋳造機：双ベルト式連続鋳造機 注湯温度：730℃ 鋳造速度：3m/分 鋳造機出口と圧着ロール間距離：1.6m 鋳造機出口での心材（鋳片）表面温度：500℃
	結果 良好 クラッド率：98%
実施例2	構造：心材の片面に皮材をクラッドした片面クラッド構造 心材：アルミ3003合金 厚み25mm×幅1000mm×長さ30m 皮材：アルミ4345合金 厚み5mm×幅1000mm×長さ30m 薄スラブ連続鋳造機：双ベルト式連続鋳造機 注湯温度：730℃ 鋳造速度：3m/分 鋳造機出口と圧着ロール間距離：1.6m 鋳造機出口での心材（鋳片）表面温度：500℃
	結果 良好 クラッド率：98%
実施例3	構造：心材の両面に皮材をクラッドした両面クラッド構造 心材：アルミ3003合金 厚み22mm×幅1000mm×長さ40m 皮材：アルミ4045合金 厚み2.5mm×幅1000mm×長さ40m 薄スラブ連続鋳造機：双ベルト式連続鋳造機 注湯温度：730℃ 鋳造速度：3m/分 鋳造機出口と圧着ロール間距離：1.6m 鋳造機出口での心材（鋳片）表面温度：500℃ 熱間圧延機：2スタンドタンデム圧延機 圧延条件：厚肉クラッド材の厚み：27mm 第1スタンド入側温度：420℃ 第1スタンド出側厚み：13mm 第2スタンド出側厚み：6mm
	結果 良好 クラッド率：98% 全長180mの熱延コイル（厚み6mm）を製造できた

【0020】実施例1：表1に示す条件及び図1に示す装置により、心材（鋳片）の両面に皮材（薄板）をクラッドした両面クラッド構造のアルミ基クラッド材を製造した。その結果、圧着不良のない良好なアルミ基クラッド材を得ることができ、また、圧延機によるクラッドを行う従来方法に比べて製造工程数を大幅に減らすことができた。なお、皮材には冷間圧延板を用い（実施例2、3も同様）、双ベルト式連続鋳造機出口における鋳片表面温度は赤外放射温度計により測定した（実施例2、3も同様）。

【0021】実施例2：表1に示す条件及び図1に示す装置（ただし、皮材は一方側のみ供給）により、心材の片面に皮材をクラッドした片面クラッド構造のアルミ基クラッド材を製造した。その結果、圧着不良のない良好なアルミ基クラッド材を得ることができ、また、圧延機

によるクラッドを行う従来方法に比べて製造工程数を大幅に減らすことができた。

【0022】実施例3：表1に示す条件及び図2に示す装置により、両面クラッド構造のアルミ基クラッド材であって厚み6mmのストリップのコイルを製造した。その結果、圧着不良のない良好なアルミ基クラッド材のストリップのコイルを得ることができ、また、圧延機によるクラッドを行う従来方法に比べて製造工程数を大幅に減らすことができた。

【0023】なお、前記実施例1～3では、薄スラブ連続鋳造機3としてベルト式連続鋳造機を用いたが、これに代えてブロック式連続鋳造機を使用することもできる。

【0024】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、圧

着ロールによって圧着不良なく確実に心材と皮材とを圧着することができ、かつ、従来方法に比べて生産性が高い、アルミニウム基クラッド材の製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1発明によるアルミニウム基クラッド材の製造方法の実施に用いられる装置の構成を示す図である。

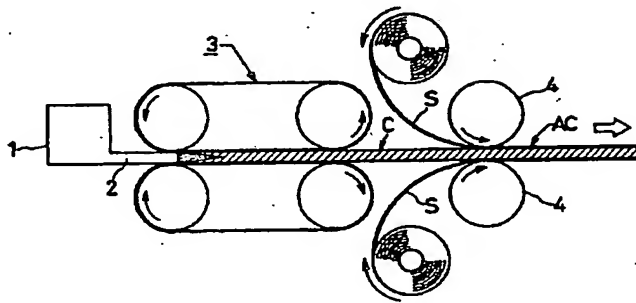
【図2】第2発明によるアルミニウム基クラッド材の製*

* 造方法の実施に用いられる装置の構成を示す図である。

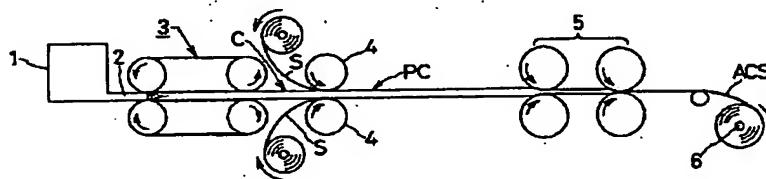
【符号の説明】

1…铸造炉 2…ノズル 3…薄スラブ連続铸造機 4…圧着ロール 5…2スタンドタンデム圧延機 6…巻取機 C…铸片(心材) S…薄板(皮材) AC…アルミニウム基クラッド材 PC…厚肉クラッド材 ACS…アルミ基クラッド材のストリップ

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

B23K 20/04

識別記号

F I

B23K 20/04

D
H

【特許請求の範囲】

【請求項1】 板状皮材と溶融芯材とを連続鋳造法により凝固・接合させるクラッド材の製造方法において、芯材幅が皮材幅より大きく、皮材端部から芯材端部までの距離が5～30mmであり、皮材がその厚さ分芯材に埋め込まれていることを特徴とするクラッド材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明はろう付け用アルミニウム合金クラッド材の製造法に関したものである。詳しくは、ろう付け用アルミニウム合金クラッド材の芯材を液相状態で、皮材を固相状態で接合させることによって溶融芯材を要求形状に凝固させるとともに固相皮材と接合するクラッド材の製造法において、後工程の圧延における耐エッジ割れ性に優れたクラッド材を製造する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】アルミニウム合金芯材とアルミニウム合金皮材（ろう材）のクラッド材は、ろう付け機能と熱交換器構造部材機能を有した機能分離アルミニウム合金として熱交換器材料に用いられている。このようなクラッド材は、通常、芯材を皮材とともに固相状態で接合して製造される。具体的には、芯材は表面を切削加工した厚さ300～500mmの鋳塊、皮材は鋳塊を圧延した10～100mm厚さの板材を用いている。クラッド接合は、両材料を重ねあわせ、仮止めして400～530℃に加熱し、制御された熱間圧延で行われるのが一般的である。最終的に厚さ数mmまで圧延する熱間圧延においてクラッド率（皮材の厚みと芯材厚みの比）が所定の範囲内に収まっていないクラッド材長手方向端部および幅方向端部、およびラミネーション発生部が切り捨てられる。この熱間圧延後に、クラッド材は冷間圧延を行ない所定の厚みまで圧延される。なお、冷間圧延による加工硬化で延性が低下した場合は、300～400℃の中間焼鈍処理が施される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような鋳塊芯材と板材皮材を熱間圧延により接合するクラッド材製造法は、クラッド率許容範囲外の部分を切り捨てたり、エッジ割れ部分を切り捨てたりするため歩留まりは一般に40～60%と低い。また熱間圧延前の仮止めや表面処理等のクラッド化前処理工程により製造コストが高くなる問題を抱えている。特に、冷間圧延の際に展伸性の乏しい皮材が変形拘束の小さい幅方向端部においてクラッキングを誘発させる。この現象はエッジ割れと呼ばれ、エッジ割れの深さ分だけクラッド材はトリミング処理され、切り捨てられることから、歩留まりを低下させる要因の一つとなっている。クラッド材を効率良く製造するため、連続鋳造法を用いたクラッド材の製造方法も提案

されている。たとえば、連続鋳造により芯材を作成した後に皮材とともに圧延するもの（特開平11-226699号公報、特表平8-509265号）があり、また溶融芯材と板状の皮材とを連続鋳造機で鋳造と同時に接合するもの（特表平8-509265号）が開示されている。しかしながら、これらの方法によってもエッジ割れは抑制できず、従来の板上の芯材と皮材を熱間圧延する方法と同様に、エッジ割れ部分のトリミングが必要となり、歩留まりの向上が見込めないままであった。本発明は、上記の問題等を解決するために連続鋳造法を利用して溶湯芯材に薄板皮材を接合させ、生産効率に優れるとともに、エッジ割れの少ない歩留まりの高いクラッド材の製造方法を提供することを目的としたものである。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、板状皮材と溶融芯材とを連続鋳造法により凝固・接合させるクラッド材の製造方法において、芯材幅が皮材幅より大きく、皮材端部から芯材端部までの距離が5～30mmであり、皮材がその厚さ分芯材に埋め込まれていることを特徴とするクラッド材の製造方法である。

【0005】

【発明実施の形態】本発明方法では図2に示すように、溶湯7（芯材組成）を連続鋳造機により板材とする際に、ノズル幅より狭幅の薄板皮材1（ろう材組成）をノズル9の傍から溶湯表面に沿うように挿入して、溶湯芯材の連続鋳造と兼ねて皮材を接合して、図1に示すような芯材表面に皮材が埋め込まれた形のクラッド材8を製造する。

【0006】連続鋳造機は双ロールキャスター型、ベルトキャスター型、ブロックキャスター型等、どの型の機体を使用してもかまわないが、薄板のクラッド材を製造して後工程の圧延コスト低減を狙う点では双ロールキャスター型の使用が好ましい。

【0007】皮材はろう付け機能を優先して設計された合金であり展伸性に乏しい。このため、挿入される皮材が鋳造される芯材と同じ幅であると、変形拘束の小さいエッジ部において皮材が起点となってクラッキングが発生し、従来の圧延スラブのクラッド材と同様に比較的大きなエッジ割れ部のトリミングが必要になる。これに対して本発明に係るクラッド材は図1に示すように皮材が芯材表面に鋳込まれた形のものであり、エッジ部は圧延性に優れた合金（例えばAA3003）の芯材であることから展伸性に優れ、したがって連続鋳造中の圧延ないしは後工程の冷間圧延中のエッジ割れを最小限度に抑えることができる。エッジ割れを最小限度に抑えるには芯材端部と皮材端部の距離を各々の端で5～30mmとする。5mm未満であると皮材端部の変形拘束力が弱まりエッジ割れを発生させてしまいます。一方、30mmを越えた場合はエッジ割れは発生しないものの、端部は芯材のみの構成となり、適正なクラッド率の材料が得られず、